

明 細 書

シリコン単結晶の引上げ方法

技術分野

- [0001] 本発明は、シリコン融液にカスプ(CUSP)磁場を印加しながら、シリコン単結晶のインゴットをシリコン融液から引上げる方法に関するものである。

背景技術

- [0002] 従来、シリコン単結晶の製造方法として、シリコン単結晶のインゴットをチョクラルスキー法(以下、CZ法という)により引上げる方法が知られている。このCZ法は、石英るつぼに貯留されたシリコン融液に種結晶を接触させ、石英るつぼ及び種結晶を回転させながら種結晶を引上げることにより、種結晶の下部にまず細長いネック部を形成させる。次に引上げ速度および温度を調節して所定の直径の定径部まで増径させ、その後は結晶成長にあわせて回転させつつ上方に引上げることによって一定径の単結晶を成長させる。所定長さに達した単結晶は、定径部から結晶直径を次第に細くしていき、最後に直径をゼロにしてシリコン融液から切り離す。
- [0003] このようなCZ法は、単結晶を安定して製造するための、様々な工夫がなされてきた。例えば、引上げる結晶を中心軸周りに回転させ、同時にシリコン融液が貯留された石英るつぼを結晶とは逆方向に回転させたり、引上げにワイヤを用いたり、チャンバ内部雰囲気の不活性ガスの減圧下として発生するSiOガスを排除したりすることなどである。また、CZ法で作られるシリコン単結晶中の酸素は、デバイス作製の上で大きな役割を果たすことが知られている。例えばシリコンウエーハの強度を保のに必要である。更に、熱処理することにより生じる酸素析出物はシリコンウエーハの表面から混入する不純物をゲッタリングすることが知られている。しかし、この酸素は多すぎると、酸素析出物がウエーハ表面近傍でデバイス特性を悪化させる。従って、酸素濃度を一定レベルでコントロールすることが必要であるが、従来のCZ法により引上げられるインゴットの酸素濃度は、図12に示すように、インゴットのトップ側で高く、融液量が増えたときに酸素濃度を低下させるのが困難であった。
- [0004] この点を解消するために、シリコン融液にカスプ(CUSP)磁場を印加しながら、シリ

コン単結晶のインゴットをシリコン融液から引上げる方法が知られている。このカスプ磁場を発生させるには、内部に石英るつぼが設けられたチャンバの外部に上コイル及び下コイルを鉛直方向に所定の間隔をあけて配設する。そして、上コイル及び下コイルに互いに逆向きの電流を流すことにより上コイル及び下コイルの各コイル中心から上コイル及び下コイル間の中立面を通るカスプ磁場を発生させる。カスプ磁場を発生させると、シリコン融液には、磁場に垂直な方向に生じた誘導電流により逆向きの力(ローレンツ力)が加わり、石英るつぼに貯留されたシリコン融液の自由な移動は防止される。これにより、石英るつぼから酸素が融液中に入る量が減少し、結果的に結晶中に入る酸素の量が下がると考えられている。しかしながら、結晶成長と共に酸素濃度が減少するのは、マグネットを使用しない場合と同様であり、酸素濃度を結晶軸方向に均一化するためには、石英るつぼの回転速度や融液表面と熱遮蔽部材間の不活性ガス流速を変化させる必要があった。

- [0005] 一方、半導体集積回路を製造する工程において、歩留りを低下させる原因として酸化誘起積層欠陥(Oxidation Induced Stacking Fault、以下、OISFという。)の核となる酸素析出物の微小欠陥や、結晶に起因したパーティクル(Crystal Originated Particle、以下、COPという。)や、或いは侵入型転位(Interstitial-type Large Dislocation、以下、LDという。)の存在が挙げられている。OISFは、結晶成長時にその核となる微小欠陥が導入され、半導体デバイスを製造する際の熱酸化工程等で顕在化し、作製したデバイスのリーク電流の増加等の不良原因になる。またCOPは、鏡面研磨後のシリコンウェーハをアンモニアと過酸化水素の混合液で洗浄したときにウェーハ表面に出現する結晶に起因したピットである。このCOPは電気的特性、例えば酸化膜の経時絶縁破壊特性(Time Dependent dielectric Breakdown、TDDB)、酸化膜耐圧特性(Time Zero Dielectric Breakdown、TZDB)等を劣化させる原因となる。またCOPがウェーハ表面に存在するとデバイスの配線工程において段差を生じ、断線の原因となり得る。そして素子分離部分においてもリーク等の原因となり、製品の歩留りを低くする。更にLDは、電気的特性、例えばリーク特性、アイソレーション特性等を劣化させる原因となる。この結果、半導体集積回路を製造するために用いられるシリコンウェーハからOISF、COP及びLDを減少させることが必要となっている。

[0006] このOISF、COP及びLDを有しない無欠陥のシリコンウェーハを切出すためのシリコン単結晶インゴットの製造方法が提案されている(例えば、特許文献1及び2参照。)。一般に、シリコン単結晶のインゴットを速い速度で引上げると、インゴット内部に空孔型点欠陥の凝集体が支配的に存在する領域[V]が形成され、インゴットを遅い速度で引上げると、インゴット内部に格子間シリコン型点欠陥の凝集体が支配的に存在する領域[I]が形成される。このため上記製造方法では、インゴットを最適な引上げ速度で引上げることにより、上記点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域[P]からなるシリコン単結晶を製造できるようになっている。

特許文献1: 米国特許番号6, 045, 610号

特許文献2: 特開平11-1393号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、前述したように結晶に取り込まれる酸素量を制御するために、シリコン融液にカスプ(CUSP)磁場を印加しながら、石英るつぼの回転速度や不活性ガスの流速を変化させると、この制御はシリコン融液の残量の変化や対流の変化による影響を受けるため、酸素濃度を一定に保つことができたとしても、インゴットの直胴部全長にわたって、無欠陥のシリコン単結晶を製造することが困難になり、インゴットの横断面全体にわたって点欠陥の凝集体の存在しないパーフェクト領域となる最大引上げ速度及び最小引上げ速度の差であるピュアマージンが減少するという未だ解決すべき課題が残存していた。

本発明の目的は、ピュアマージンを減少させることなく、ほぼ全長にわたって点欠陥の凝集体が存在しないシリコン単結晶のインゴットを製造できるシリコン単結晶の引上げ方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 請求項1に係る発明は、図1ないし図4に示すように、内部に石英るつぼ13が設けられたチャンバ11の外部に上コイル51及び下コイル52を鉛直方向に所定の間隔をあけて配設し、上コイル51及び下コイル52に互いに逆向きの電流を流すことにより上コイル51及び下コイル52の各コイル中心から上コイル51及び下コイル52間の中

立面53aを通りかつ強度が50ガウス以上のカスプ磁場53を発生させ、石英るつぼ13を所定の回転速度で回転させ、チャンバ11の上部からチャンバ11の内部に不活性ガスを供給してチャンバ内部に設けられた熱遮蔽部材36の内側に不活性ガスを流下させ、シリコン融液12からトップ側インゴット25aとボトム側インゴット25bを含むシリコン単結晶のインゴット25を所定の回転速度で回転させ、シリコン単結晶インゴット25内が格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体の存在しないパーフェクト領域となる引上げ速度でシリコン単結晶インゴット25を熱遮蔽部材36の中央から引上げるシリコン単結晶の引上げ方法の改良である。

[0009] その特徴ある点は、熱遮蔽部材36は、下端がシリコン融液12表面から間隔をあけて上方に位置しかつインゴット25の外周面を包囲する筒部37と、筒部37の下部に筒内の方向に膨出して設けられかつ内部に蓄熱部材47が設けられた膨出部41とを備え、インゴット25の直径を d とするとき d が100mm以上であり蓄熱部材47の内周面は高さ H_1 が10mm以上 $d/2$ 以下であってインゴット25の外周面との最小間隔 W_1 が10mm以上 $0.2d$ 以下になるように形成され、シリコン単結晶インゴット25のうちトップ側インゴット25aの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流量が、シリコン単結晶インゴット25のうちボトム側インゴット25bの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流量より多いところにある。

[0010] この請求項1に係るシリコン単結晶の引上げ方法では、引上げに伴いシリコン融液表面から排除される酸素濃度の減少に起因して、ボトム側インゴット25bにおける結晶に取り込まれる酸素量は増大する。この結果、比較的均一な酸素濃度を有するシリコン単結晶のインゴット25を製造することができる。その一方で、マグネットを使用しない条件では、点欠陥の凝集体の存在しないパーフェクト領域となる最大引上げ速度及び最小引上げ速度の差であるピュアマージンと不活性ガス流量とが相関し、不活性ガス流量が減少するとマージンが減少することを見いだした(特開2003-220875号公報)。ところが、本発明のボトム側インゴットでは、流量を減少させてもマージンが減少することはないことを発見した。この原因は明らかではないが、シリコン融液の減少により融液に係る磁場分布が変化する。これにより、融液対流が変化するため、磁場なしの場合と異なり、マージンが減少することはなかったと考えられる。

- [0011] 請求項2に係る発明は、請求項1に係る発明であって、トップ側インゴット25aの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの下記式(1)で求められる流速指標Sが、ボトム側インゴット25bの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの下記式(1)で求められる流速指標Sより速く設定されたシリコン単結晶の引上げ方法である。

$$S = (P_o / E) \times F / A \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、 P_o はチャンバ11の外部における大気圧力(Pa)であり、 E はチャンバ11の内部圧力(Pa)であり、 F はチャンバ11に供給される室温状態の不活性ガスの圧力 P_o (Pa)における流量(m^3 /秒)であり、 A は膨出部41とシリコン単結晶インゴット25との間における断面積(m^2)である。

- [0012] この請求項2に係るシリコン単結晶の引上げ方法では、インゴット25の引上げに伴う石英るつぼ13内のシリコン融液12の減少によるシリコン融液12の対流の変化を最小限に抑制できる。この結果、シリコン融液12及びインゴット25の固液界面近傍におけるインゴット25鉛直方向の温度勾配 G がインゴット25のほぼ全長にわたってインゴット25の径方向にほぼ均一に分布するようになり、インゴット25の引上げ方向に点欠陥の凝集体が発生せず、ほぼ全長にわたってパーフェクト領域となるインゴット25を引上げることができるものと考えられる。よって、このようなシリコン単結晶の引上げ方法では、ピュアマージンを減少させることなく、ほぼ全長にわたって点欠陥の凝集体が存在しないシリコン単結晶のインゴットを製造できるものと考えられる。

- [0013] 請求項3に係る発明は、内部に石英るつぼ13が設けられたチャンバ11の外部に上コイル51及び下コイル52を鉛直方向に所定の間隔をあけて配設し、上コイル51及び下コイル52に互いに逆向きの電流を流すことにより上コイル及び下コイルの各コイル中心から上コイル及び下コイル間の中立面53aを通るカスプ磁場53を発生させ、石英るつぼ13を所定の回転速度で回転させ、シリコン融液12からトップ側インゴット25aとボトム側インゴット25bを含むシリコン単結晶のインゴット25を所定の回転速度で回転させ、シリコン単結晶インゴット25内が格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体の存在しないパーフェクト領域となる引上げ速度でシリコン単結晶インゴット25をチャンバ11内部に設けられた熱遮蔽部材36の中央から引上

げるシリコン単結晶の引上げ方法の改良である。

[0014] その特徴ある点は、熱遮蔽部材36は、下端がシリコン融液12表面から間隔をあけて上方に位置しかつインゴット25の外周面を包囲する筒部37と、筒部37の下部に筒内の方向に膨出して設けられかつ内部に蓄熱部材47が設けられた膨出部41とを備え、インゴット25の直径を d とするとき d が100mm以上であり蓄熱部材47の内周面は高さ H_1 が10mm以上 $d/2$ 以下であってインゴット25の外周面との最小間隔 W_1 が10mm以上0.2dmm以下になるように形成され、シリコン単結晶インゴット25のうちトップ側インゴット25aの引上げ時のカスプ磁場53の強度が、シリコン単結晶インゴット25のうちボトム側インゴット25bの引上げ時のカスプ磁場53の強度より大きく設定されたところにある。

[0015] この請求項3に記載されたシリコン単結晶の引上げ方法では、磁場によりシリコン融液12に生じた誘導電流によるローレンツ力がトップ側インゴット25aを引上げる場合に比較して低下し、石英るつぼ13に貯留されたシリコン融液12の比較的自由的な移動が許容される。このシリコン融液12の移動に伴い、シリコン融液中の酸素の移動も許容され、ボトム側インゴット25bにおける結晶に取り込まれる酸素量は増大する。この結果、比較的均一な酸素濃度を有するシリコン単結晶のインゴット25を製造することができる。その一方で、インゴットの横断面全体にわたって点欠陥の凝集体の存在しないパーフェクト領域となる最大引上げ速度及び最小引上げ速度の差であるピュアーマージンが減少することはない。理由は、明確ではないが、ボトム側で磁場強度を小さくすることによる融液対流の変化は、酸素濃度に影響を与えたがマージンには影響を与えなかったものと考えられる。

発明の効果

[0016] 以上述べたように、本発明によれば、トップ側インゴットの引上げ時の膨出部とインゴットとの間を流下する不活性ガスの流量が、ボトム側インゴットの引上げ時の不活性ガスの流量より多いので、又はトップ側インゴットの引上げ時のカスプ磁場の強度がボトム側インゴットの引上げ時のカスプ磁場の強度より大きく設定したので、ボトム側インゴットにおける結晶に取り込まれる酸素量が増大して、比較的均一な酸素濃度を有するシリコン単結晶のインゴットを製造することができる。また、シリコン融液及びイン

ゴットの固液界面近傍におけるインゴット鉛直方向の温度勾配がインゴットのほぼ全長にわたってインゴットの径方向にほぼ均一に分布するようになり、インゴットの引上げ方向に点欠陥の凝集体が発生せず、ほぼ全長にわたってパーフェクト領域となるインゴットを引上げることができる。

発明を実施するための最良の形態

[0017] 次に本発明の第1の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図1に示すように、シリコン単結晶の引上げ装置10のチャンバ11内には、シリコン融液12を貯留する石英るつぼ13が設けられ、この石英るつぼ13の外周面は黒鉛サセプタ14により被覆される。石英るつぼ13の下面は上記黒鉛サセプタ14を介して支軸16の上端に固定され、この支軸16の下部はるつぼ駆動手段17に接続される。るつぼ駆動手段17は、図示しないが石英るつぼ13を回転させる第1回転用モータと、石英るつぼ13を昇降させる昇降用モータとを有し、これらのモータにより石英るつぼ13が所定の方向に回転し得るとともに、上下方向に移動可能となっている。石英るつぼ13の外周面は石英るつぼ13から所定の間隔をあけてヒータ18により包囲され、このヒータ18は保温筒19により包囲される。ヒータ18は石英るつぼ13に投入された高純度のシリコン多結晶体を加熱・融解してシリコン融液12にする。

[0018] またチャンバ11の上端には円筒状のケーシング21が接続される。このケーシング21には引上げ手段22が設けられる。引上げ手段22は、ケーシング21の上端部に水平状態で旋回可能に設けられた引上げヘッド(図示せず)と、このヘッドを回転させる第2回転用モータ(図示せず)と、ヘッドから石英るつぼ13の回転中心に向って垂下されたワイヤケーブル23と、上記ヘッド内に設けられワイヤケーブル23を巻取り又は繰出す引上げ用モータ(図示せず)とを有する。ワイヤケーブル23の下端にはシリコン融液12に浸してシリコン単結晶のインゴット25を引上げるための種結晶24が取付けられる。

更にチャンバ11にはこのチャンバ11のインゴット側に不活性ガスを供給しかつ上記不活性ガスをチャンバ11のるつぼ内周面側から排出するガス給排手段28が接続される。ガス給排手段28は一端がケーシング21の周壁に接続され他端が上記不活性ガスを貯留するタンク(図示せず)に接続された供給パイプ29と、一端がチャンバ11

の下壁に接続され他端が真空ポンプ(図示せず)に接続された排出パイプ30とを有する。供給パイプ29及び排出パイプ30にはこれらのパイプ29, 30を流れる不活性ガスの流量を調整する第1及び第2流量調整弁31, 32がそれぞれ設けられる。

[0019] 一方、引上げ用モータの出力軸(図示せず)にはエンコーダ(図示せず)が設けられ、るつぼ駆動手段17には支軸16の昇降位置を検出するエンコーダ(図示せず)が設けられる。2つのエンコーダの各検出出力はコントローラ(図示せず)の制御入力に接続され、コントローラの制御出力は引上げ手段22の引上げ用モータ及びるつぼ駆動手段17の昇降用モータにそれぞれ接続される。またコントローラにはメモリ(図示せず)が設けられ、このメモリにはエンコーダの検出出力に対するワイヤケーブル23の巻取り長さ、即ちインゴット25の引上げ長さが第1マップとして記憶される。また、メモリには、インゴット25の引上げ長さに対する石英るつぼ13内のシリコン融液12の液面レベルが第2マップとして記憶される。コントローラは、引上げ用モータにおけるエンコーダの検出出力に基づいて石英るつぼ13内のシリコン融液12の液面を常に一定のレベルに保つように、るつぼ駆動手段17の昇降用モータを制御するように構成される。

[0020] インゴット25の外周面と石英るつぼ13の内周面との間にはインゴット25の外周面を包囲する熱遮蔽部材36が設けられる。この熱遮蔽部材36は円筒状に形成されヒータ18からの輻射熱を遮る筒部37と、この筒部37の上縁に連設され外方に略水平方向に張り出すフランジ部38とを有する。上記フランジ部38を保温筒19上に載置することにより、筒部37の下縁がシリコン融液12表面から所定の距離だけ上方に位置するように熱遮蔽部材36はチャンバ11内に固定される。この実施の形態における筒部37は同一直径の筒状体であり、この筒部37の下部には筒内の方向に膨出する膨出部41が設けられる。

図3に示すように、膨出部41は、筒部37の下縁に接続され水平に延びてインゴット25の外周面近傍に達するリング状の底壁42と、底壁42の内縁に連設された縦壁44と、この縦壁44の上縁に連設された上壁46とにより構成される。この実施の形態では、筒部37と底壁42は一体的に形成され、上壁46と縦壁44とが一体的に形成される。この筒部37、底壁42、上壁46及び縦壁44は、熱的に安定で高純度な黒鉛或い

は表面にSiCがコーティングされた黒鉛によって作ることが好ましいが、熱的に安定なMo(モリブデン)やW(タングステン)等の材料を使うこともできる。

[0021] 上壁46は水平か、或いは上方に向うに従って直径が大きくなるように形成され、上縁が筒部37に連続するように構成される。なお、筒部37の下部と底壁42と縦壁44と上壁46とにより囲まれる膨出部41の内部にはリング状の蓄熱部材47が設けられる。この実施の形態における蓄熱部材47は、膨出部41の内部にカーボン繊維からなるフェルト材を充填することにより形成される。膨出部41の内部に設けられた蓄熱部材47は、膨出部41を形成する縦壁44によりインゴット25の軸心線に対して平行な内周面が形成され、インゴット25の直径を d とするときその蓄熱部材47の内周面は高さ H_1 は10mm以上 $d/2$ 以下であってインゴット25の外周面との最小間隔 W_1 が10mm以上35mm以下になるように形成される。なお、上記高さ H_1 を10mm～ $d/2$ mmの範囲に限定したのは、10mm未満ではシリコン融液からの輻射熱を十分に断熱できないという不具合があり、 $d/2$ mmを越えると単結晶棒からの放熱を促進するのが困難になり、引上げ速度を上げることができないという不具合があるからである。また上記最小間隔 W_1 を10～ $0.2d$ の範囲に限定したのは、10mm未満では引上げ中に膨出部と単結晶棒が接触する恐れがあるという不具合があり、 $0.2d$ を越えるとシリコン融液からの輻射熱を十分に断熱できないという不具合があるからである。

[0022] 図1及び図2に示すように、チャンバ11の外部には、チャンバ11の外径よりそれぞれ大きなコイル直径を有する上コイル51及び下コイル52が石英るつぼ13の回転軸をそれぞれコイル中心としかつ鉛直方向に所定の間隔をあけて配設される。そして、上コイル51及び下コイル52に互いに逆向きの電流を流すことにより上コイル及び下コイルの各コイル中心から上コイル及び下コイル間の中立面53aを通るカスプ磁場53を発生させるように構成される。図示しないが、上コイル51及び下コイル52は互いの大きさが同一でも良いし、異なってもよい。

[0023] 次に、上述した装置を用いた本発明のシリコン単結晶の引上げ方法を説明する。

この引上げ方法は、シリコン融液12に上コイル51及び下コイル52を用いてカスプ磁場53を印加しながら、上記シリコン融液12からトップ側インゴット25a及びボトム側インゴット25bを含むインゴット25を引上げる方法である。図2に詳しく示すように、上

コイル51及び下コイル52には互いに逆向きの電流が流され、これにより上コイル51及び下コイル52の各コイル中心から上コイル51及び下コイル52間の中立面53aを通るカスプ磁場53を発生させる。なお、上記中立面53aは、上コイル51及び下コイル52間における、鉛直方向の磁場強度がゼロとなる水平面である。そして、カスプ磁場53の強度を50ガウス以上に制御する。ここで、磁場強度は、カスプ磁場の中立面であって、石英るつぼの回転軸との交点から300mm離れた円周上でのカスプ磁場の水平方向強度である。

[0024] 図1に戻って、次に第1及び第2流量調整弁31, 32を調整することによりチャンバ11の上部からチャンバ11の内部に不活性ガスを供給する。不活性ガスを供給すると、シリコン融液から発生するSiO₂ガスを効果的に炉外へ排出すると共に、その不活性ガスは膨出部41とインゴット25との間を流下して結晶を冷却する効果、又は融液冷却による対流を変化させる効果等を生じさせる。なお、膨出部41とインゴット25との間を流下した不活性ガスはその後シリコン融液12表面と熱遮蔽部材26下端との間を通過して排出パイプ30から外部に排出される。そしてシリコン融液12を貯留する石英るつぼ13を所定の回転速度で回転させ、種結晶24を石英るつぼ13とは逆方向に所定の回転速度で回転させながら、シリコン融液12に浸した種結晶24を引上げることにより、インゴット25をシリコン融液12から引上げる。種結晶24は、インゴット25内が格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体の存在しないパーフェクト領域となる所定の引上げ速度プロファイルで引上げられる。

[0025] またインゴット25は、種結晶24に連続して引上げられるトップ側インゴット25aと、このトップ側インゴットに連続して引上げられるボトム側インゴット25bとを有する。トップ側インゴット25a及びボトム側インゴット25bの範囲は、引上げられるインゴット25の固化率により決定される。具体的には、図4に示すように、トップ側インゴット25aは固化率が0.15〜0.30である部分をいい、ボトム側インゴット25bは固化率が0.50〜0.65である部分をいう。なお、固化率とは、最初に石英るつぼ13に貯留されたシリコン融液12の初期チャージ重量に対するインゴット25の引上げ重量の割合をいう。

[0026] ここで、トップ側インゴット25aの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流量が、ボトム側インゴット25bの引上げ時の膨出部41とインゴット

25との間を流下する不活性ガスの流量より多くなるように調整される。この実施の形態では、図5に示すようにボトム側インゴット25bを引上げる際に不活性ガスの流量を一定量減少させるように調整される。このように調整すると、シリコン融液表面から排除される酸素濃度が減少し、ボトム側インゴット25bにおける結晶に取り込まれる酸素量は増大すると考えられる。この結果、本発明の方法では、図6に示すように、比較的均一な酸素濃度を有するシリコン単結晶のインゴットを製造することができる。

- [0027] この場合、トップ側インゴット25aの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流速指標Sが、ボトム側インゴット25bの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流速指標Sより速く設定される。ここで流速指標Sとは、次の式(1)で求められる値である。

$$S = (P_o / E) \times F / A \quad \cdots \cdots (1)$$

式(1)において、 P_o はチャンバ11の外部における大気圧力(Pa)であり、 E はチャンバ11の内部圧力(Pa)であり、 F はチャンバ11に供給される室温状態の不活性ガスの圧力 P_o (Pa)における流量(m^3 /秒)であり、 A は膨出部41とインゴット25との間における断面積(m^2)である。

- [0028] 上記条件でインゴット25を引上げると、トップ側インゴット25aの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流量が、ボトム側インゴット25bの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流量より多くして、トップ側インゴット25aの上述した不活性ガスの流速指標Sが、ボトム側インゴット25bの不活性ガスの流速指標Sより速く設定したので、インゴット25の引上げに伴う石英るつぼ13内のシリコン融液12の減少によるシリコン融液12の対流の変化を最小限に抑制できるものと推定される。この結果、シリコン融液12及びインゴット25の固液界面近傍におけるインゴット25鉛直方向の温度勾配Gがインゴット25のほぼ全長にわたってインゴット25の径方向にほぼ均一に分布するようになり、インゴット25の引上げ方向に点欠陥の凝集体が発生せず、ほぼ全長にわたってパーフェクト領域となるインゴット25を引上げることができるものと考えられる。よって、このようなシリコン単結晶の引上げ方法では、ピュアマージンを減少させることなく、ほぼ全長にわたって点欠陥の凝集体が存在しないシリコン単結晶のインゴットを製造できるものと考えられる。ここ

で、ピュアマージンとは、図8に示すように、インゴットの横断面全体にわたってOISFリングの存在しないパーフェクト領域となる臨界引上げ速度 V_2 , V_2' と格子間シリコン型点欠陥の凝集体の発生しない引上げ速度の下限 V_1 , V_1' との差 $(V_2 - V_1)$, $(V_2' - V_1')$ をいう。以下、本明細書では、ピュアマージンという場合、 $(V_2 - V_1)$ を代表して記載し、 $(V_2' - V_1')$ の記載を省略する。

[0029] なお、上述した第1の実施の形態では、ボトム側インゴット25bを引上げる際に不活性ガスの流量を一定量減少させるように調整したが、トップ側インゴット25aの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流量が、ボトム側インゴット25bの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流量より多くなる限り、図7に示すように、不活性ガスの流量は酸素をコントロールするのに適当なパターンで減少するように変化させても良い。

[0030] 次に本発明の第2の実施の形態を図面に基づいて説明する。

この第2の実施の形態では、第1及び第2流量調整弁31, 32を調整することによりチャンバ11の上部からチャンバ11の内部に一定量の不活性ガスを供給し、膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流速を 5m/s 以下、好ましくは $2.4 \sim 5.0\text{m/s}$ に調整する。そしてシリコン融液12を貯留する石英るつぼ13を所定の回転速度で回転させ、種結晶24を石英るつぼ13とは逆方向に所定の回転速度で回転させながら、シリコン融液12に浸した種結晶24を引上げることににより、インゴット25をシリコン融液12から引上げる。種結晶24は、インゴット25内が格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体の存在しないパーフェクト領域となる所定の引上げ速度プロファイルで引上げられる。

[0031] インゴット25を実際に引上げるに際しては、シリコン単結晶インゴット25のうちトップ側インゴット25aの引上げ時のカスプ磁場53の強度を、シリコン単結晶インゴット25のうちボトム側インゴット25bの引上げ時のカスプ磁場53の強度より大きく設定する。この実施の形態では、図9に示すように、トップ側インゴット25aを引上げる際にはその磁場強度を200ガウス以上300ガウス以下とし、その後、カスプ磁場53の強度を0ガウスを超えて200ガウス未満に段階的に変化させる。これ以外の点に関しては上述した第1の実施の形態と同一であるので、繰り返しての説明を省略する。

[0032] 図2に示すように、カスプ磁場53を発生させると、シリコン融液12にはローレンツ力が加わり、石英るつぼ13に貯留されたシリコン融液12の自由な移動は防止される。そして、トップ側インゴット25aを引上げる時点におけるカスプ磁場53の強度に比較して、ボトム側インゴット25bを引上げる時点におけるカスプ磁場53の強度を低くすると、その磁場によりシリコン融液12に生じた誘導電流によるローレンツ力がトップ側インゴット25aを引上げる場合に比較して低下し、自然対流の影響が大きくなると考えられる。ボトム側では、融液と石英るつぼの接触面積が減少することにより、石英の溶解が減少し酸素濃度が下がると考えられるが、磁場強度を小さくすることにより自然対流の影響が大きくなり石英の溶解量を大きくすることができると考えられている。これにより結晶に取り込まれる酸素量も増大する。この結果、本発明の方法では、図10に示すような比較的均一な酸素濃度を有するシリコン単結晶のインゴットを製造することができる。

[0033] 一方、上述したように磁場強度を変化させると、シリコン融液12及びインゴット25の固液界面近傍におけるインゴット25鉛直方向の温度勾配Gがインゴット25のほぼ全長にわたってインゴット25の径方向にほぼ均一に分布するようになり、インゴット25の引上げ方向に点欠陥の凝集体が発生せず、ほぼ全長にわたってパーフェクト領域となるインゴット25を引上げることができるものと考えられる。よって、このようなシリコン単結晶の引上げ方法では、ピュアマージンを減少させることなく、ほぼ全長にわたって点欠陥の凝集体が存在しないシリコン単結晶のインゴットを製造できるものと考えられる。

なお、上述した第2の実施の形態では、磁場強度を段階的に変化させる場合を説明したが、図11に示すように、磁場強度は一定の割合で減少するように変化させても良い。

実施例

[0034] 次に本発明の実施例を詳しく説明する。

<実施例1>

先ず図1に示す引上げ装置10を用いてポリシリコン(シリコン多結晶)原料120kgをチャージし、直径約200mmのインゴット25を引上げた。この引上げに当たり、200ガ

ウスのカスプ磁場53を発生させた。また、その引上げ時における膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流量を室温換算で110リットル／minと一定にした。(以下、不活性ガス流量は室温換算。)このようにして所定の引上げ速度で引上げたインゴットを実施例1とした。

[0035] <実施例2>

引上げ時における膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流量を90リットル／minと一定にしたことを除いて、実施例1と同様にしてインゴットを引上げた。このインゴットを実施例2とした。

<実施例3>

カスプ磁場の強度を100ガウスとしたことを除いて、実施例1と同様にしてインゴットを引上げた。このインゴットを実施例3とした。

<比較試験及び評価>

実施例1～実施例3のインゴットを軸方向にスライスした後に、所定の熱処理を行ってライフタイムを測定し、図8に示す格子間シリコン型点欠陥の凝集体の発生しない引上げ速度の上限 V_2 並びにピュアマージン($V_2 - V_1$)、及び酸素濃度をトップ側インゴット25a及びボトム側インゴット25bのそれぞれについて求めた。その結果を表1に示す。なお、それぞれの値は、実施例1のトップ側インゴットの値を1.0とした相対値で表示した。

[0036] [表1]

	アルゴン 流量 (l/min)	磁場 強度 (ガウス)	トップ側インゴット			ボトム側インゴット		
			O i (相対値)	V_2 (相対値)	$V_2 - V_1$ (相対値)	O i (相対値)	V_2 (相対値)	$V_2 - V_1$ (相対値)
実施例 1	110	200	1.0	1.0	1.0	0.82	0.97	1.6
実施例 2	90	200	1.05	0.97	0.0	0.90	1.04	1.8
実施例 3	110	100	1.05	0.99	0.4	0.94	1.02	1.8

[0037] 表1から明らかなように、実施例2におけるトップ側インゴット25aではピュアマージンが0.0であるけれども、実施例1におけるトップ側インゴット25aではピュアマージンが

1. 0(相対値)である。一方、実施例1の酸素濃度はトップ側インゴットに比較してボトム側インゴットの方が低下しており、その低下は実施例2におけるボトム側の酸素濃度より低い値を示している。従って、トップ側インゴット25aの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流量が、ボトム側インゴット25bの引上げ時の膨出部41とインゴット25との間を流下する不活性ガスの流量より多くなるように調整すれば、酸素濃度を減少させることなく、ほぼ全長にわたって点欠陥の凝集体が存在しないシリコン単結晶のインゴットを製造できるものと考えられる。

- [0038] また、実施例3におけるトップ側インゴット25aではピュアマージンが0.4(相対値)であるけれども、実施例1におけるトップ側インゴット25aではピュアマージンが1.0(相対値)である。一方、実施例1の酸素濃度はトップ側インゴットに比較してボトム側インゴットの方が低下しており、その低下は実施例3におけるボトム側の酸素濃度より低い値を示している。従って、トップ側インゴット25aの引上げ時のカスプ磁場53の強度を、シリコン単結晶インゴット25のうちボトム側インゴット25bの引上げ時のカスプ磁場53の強度より大きく設定すれば、酸素濃度を減少させることなく、ほぼ全長にわたって点欠陥の凝集体が存在しないシリコン単結晶のインゴットを製造できるものと考えられる。

図面の簡単な説明

- [0039] [図1]本発明の方法に使用する引上げ装置の断面構成図。
[図2]その装置でカスプ磁場を加えながらシリコン単結晶のインゴットを引上げている状態を示す断面構成図。
[図3]その装置の熱遮蔽部材を示す図1のA部拡大断面図。
[図4]その装置により引上げられるインゴットを示す図
[図5]第1の実施の形態の不活性ガスの流量の変化状態を示す図。
[図6]それにより引上げられたインゴットの長さ酸素濃度との関係を示す図。
[図7]第1の実施の形態における不活性ガスの流量の別の変化状態を示す図。
[図8]そのインゴットを所定の変量引上げ速度で引上げたときのインゴット内の格子間シリコン及び空孔の分布を示す説明図。
[図9]第2の実施の形態における磁場強度の変化状態を示す図。

[図10]それにより引上げられたインゴットの長さ酸素濃度との関係を示す図。

[図11]第2の実施の形態の別の磁場強度の変化状態を示す図。

[図12]従来の方法により引上げられたインゴットの長さ酸素濃度との関係を示す図

。

符号の説明

- [0040] 11 チャンバ
13 石英るつぼ
12 シリコン融液
25 シリコン単結晶のインゴット
25a トップ側インゴット
25b ボトム側インゴット
36 熱遮蔽部材
37 筒部
41 膨出部
47 蓄熱部材
51 上コイル
52 下コイル
53 カスプ磁場
53a 中立面
d インゴットの直径
D 石英るつぼの内径
H シリコン融液の表面と中立面との距離
 H_1 蓄熱部材の内周面の高さ
 W_1 蓄熱部材とインゴットの外周面との最小間隔

請求の範囲

- [1] 内部に石英るつぼ(13)が設けられたチャンバ(11)の外部に上コイル(51)及び下コイル(52)を鉛直方向に所定の間隔をあけて配設し、前記上コイル(51)及び下コイル(52)に互いに逆向きの電流を流すことにより前記上コイル(51)及び下コイル(52)の各コイル中心から前記上コイル(51)及び下コイル(52)間の中立面(53a)を通りかつ強度が50 Gauss以上のカusp磁場(53)を発生させ、前記石英るつぼ(13)を所定の回転速度で回転させ、前記チャンバ(11)の上部から前記チャンバ(11)の内部に不活性ガスを供給して前記チャンバ(11)内部に設けられた熱遮蔽部材(36)の内側に不活性ガスを流下させ、前記シリコン融液(12)からトップ側インゴット(25a)とボトム側インゴット(25b)を含むシリコン単結晶のインゴット(25)を所定の回転速度で回転させ、前記シリコン単結晶インゴット(25)内が格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体の存在しないパーフェクト領域となる引上げ速度で前記シリコン単結晶インゴット(25)を前記熱遮蔽部材(36)の中央から引上げるシリコン単結晶の引上げ方法において、
- 熱遮蔽部材(36)は、下端が前記シリコン融液(12)表面から間隔をあけて上方に位置しかつインゴット(25)の外周面を包囲する筒部(37)と、前記筒部(37)の下部に筒内の方向に膨出して設けられかつ内部に蓄熱部材(47)が設けられた膨出部(41)とを備え、
- 前記インゴット(25)の直径を d とするとき d が100mm以上であり前記蓄熱部材(47)の内周面は高さ(H_1)が10mm以上 $d/2$ 以下であって前記インゴット(25)の外周面との最小間隔(W_1)が10mm以上 $0.2d$ 以下になるように形成され、
- 前記シリコン単結晶インゴット(25)のうちトップ側インゴット(25a)の引上げ時の前記膨出部(41)と前記インゴット(25)との間を流下する不活性ガスの流量が、前記シリコン単結晶インゴット(25)のうちボトム側インゴット(25b)の引上げ時の前記膨出部(41)と前記インゴット(25)との間を流下する不活性ガスの流量より多い
- ことを特徴とするシリコン単結晶の引上げ方法。
- [2] トップ側インゴット(25a)の引上げ時の膨出部(41)と前記インゴット(25)との間を流下する不活性ガスの下記式(1)で求められる流速指標(S)が、ボトム側インゴット(25b)の引上げ時の前記膨出部(41)と前記インゴット(25)との間を流下する不活性ガスの下記式

(1)で求められる流速指標(S)より速く設定された請求項1記載のシリコン単結晶の引上げ方法。

$$S = (P_o / E) \times F / A \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、 P_o はチャンバ(11)の外部における大気圧力(Pa)であり、 E は前記チャンバ(11)の内部圧力(Pa)であり、 F は前記チャンバ(11)に供給される室温状態の不活性ガスの圧力 P_o (Pa)における流量(m^3 /秒)であり、 A は前記膨出部(41)と前記シリコン単結晶インゴット(25)との間における断面積(m^2)である。

- [3] 内部に石英るつぼ(13)が設けられたチャンバ(11)の外部に上コイル(51)及び下コイル(52)を鉛直方向に所定の間隔をあけて配設し、前記上コイル(51)及び下コイル(52)に互いに逆向きの電流を流すことにより前記上コイル(51)及び下コイル(52)の各コイル中心から前記上コイル(51)及び下コイル(52)間の中立面(53a)を通るカスプ磁場(53)を発生させ、前記石英るつぼ(13)を所定の回転速度で回転させ、前記チャンバ(11)の上部から前記チャンバ(11)の内部に不活性ガスを供給して前記チャンバ(11)内部に設けられた熱遮蔽部材(36)の内側に不活性ガスを流下させ、前記シリコン融液(12)からトップ側インゴット(25a)とボトム側インゴット(25b)を含むシリコン単結晶のインゴット(25)を所定の回転速度で回転させ、前記シリコン単結晶インゴット(25)内が格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体の存在しないパーフェクト領域となる引上げ速度で前記シリコン単結晶インゴット(25)を前記熱遮蔽部材(36)の中央から引上げるシリコン単結晶の引上げ方法において、

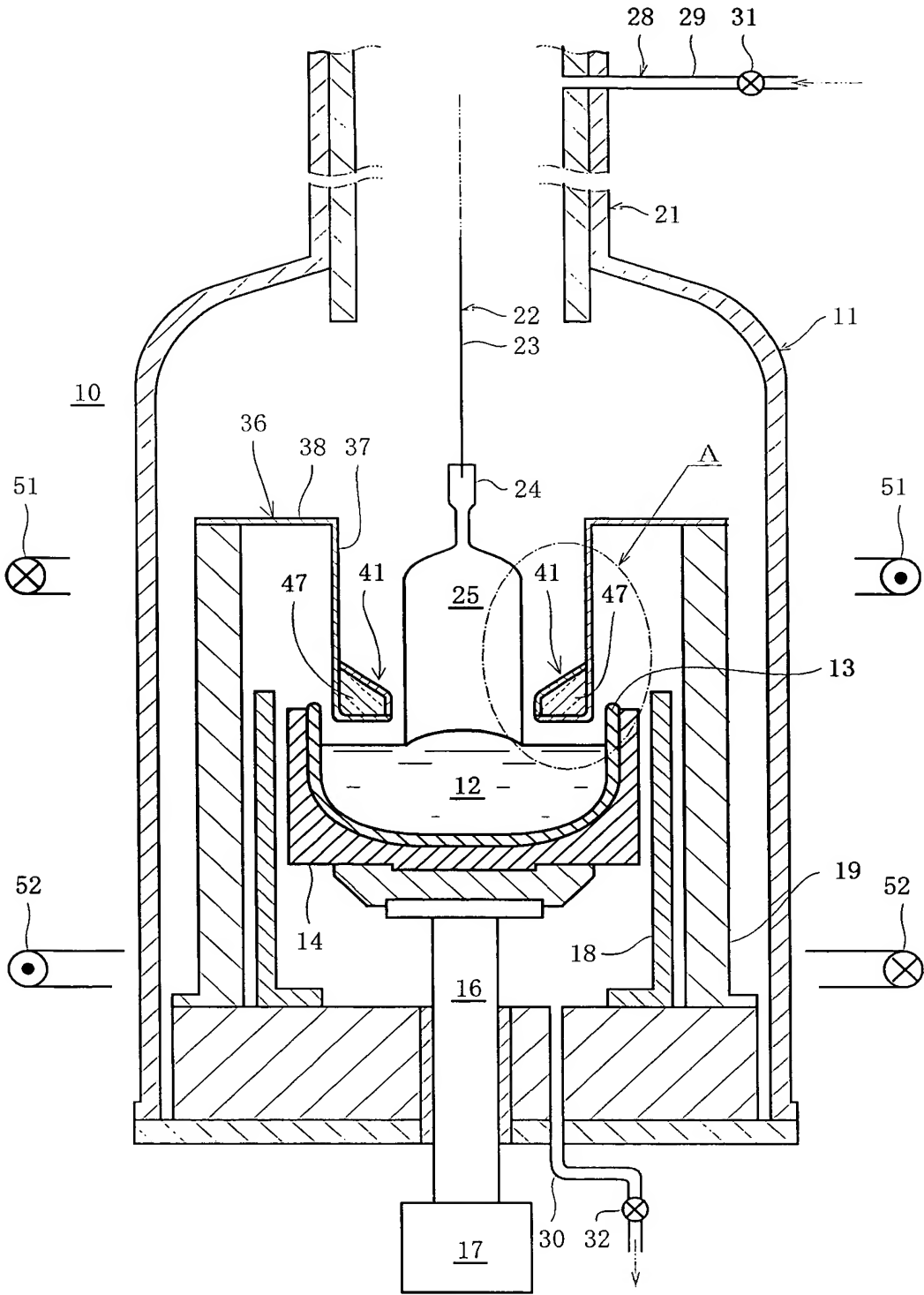
熱遮蔽部材(36)は、下端が前記シリコン融液(12)表面から間隔をあけて上方に位置しかつインゴット(25)の外周面を包囲する筒部(37)と、前記筒部(37)の下部に筒内の方向に膨出して設けられかつ内部に蓄熱部材(47)が設けられた膨出部(41)とを備え、

前記インゴット(25)の直径を d とするとき d が100mm以上であり前記蓄熱部材(47)の内周面は高さ(H_1)が10mm以上 $d/2$ 以下であって前記インゴット(25)の外周面との最小間隔(W_1)が10mm以上0.2mm以下になるように形成され、

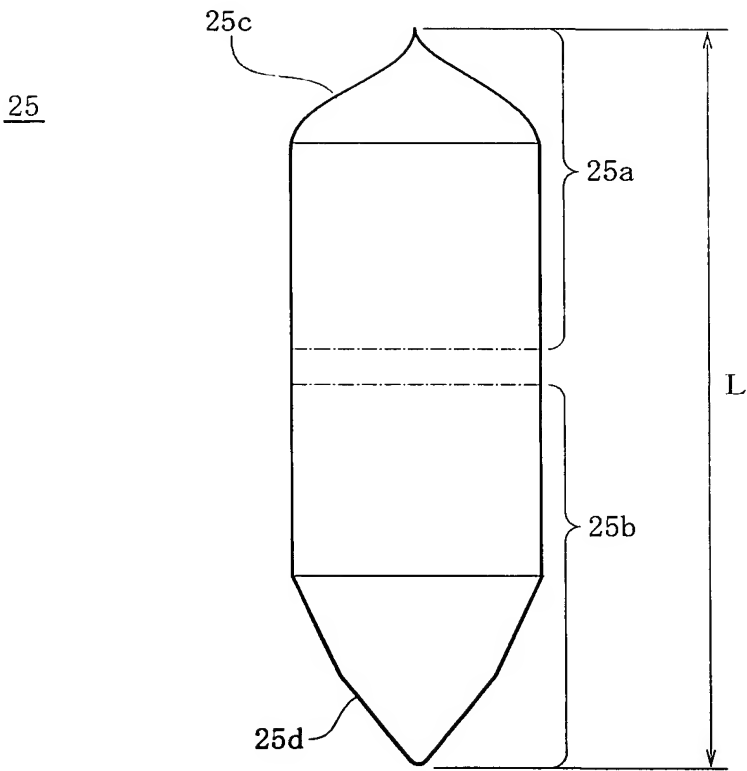
前記シリコン単結晶インゴット(25)のうちトップ側インゴット(25a)の引上げ時の前記カスプ磁場(53)の強度が、前記シリコン単結晶インゴット(25)のうちボトム側インゴット

(25b)の引上げ時の前記カスプ磁場(53)の強度より大きく設定されたことを特徴とするシリコン単結晶の引上げ方法。

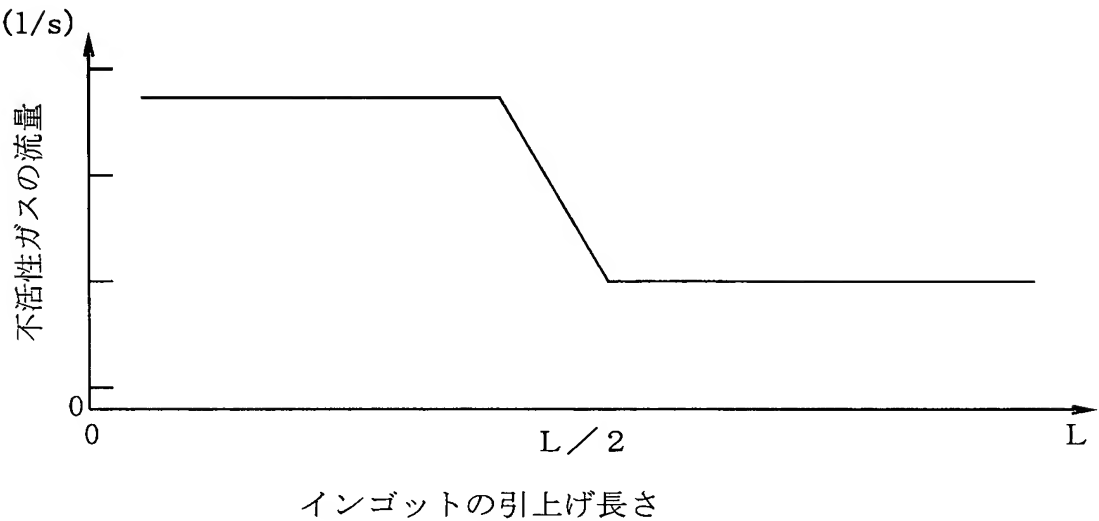
[図1]



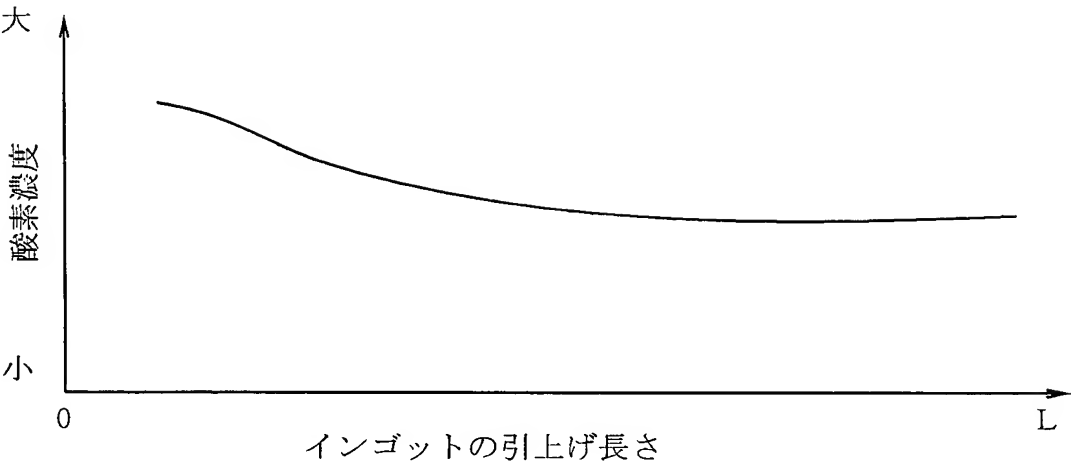
[図4]



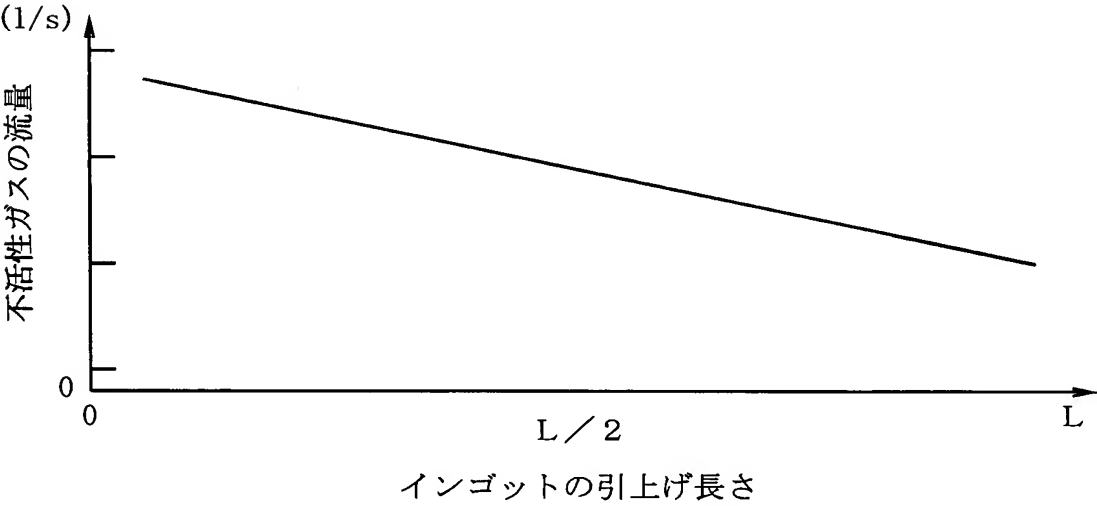
[図5]



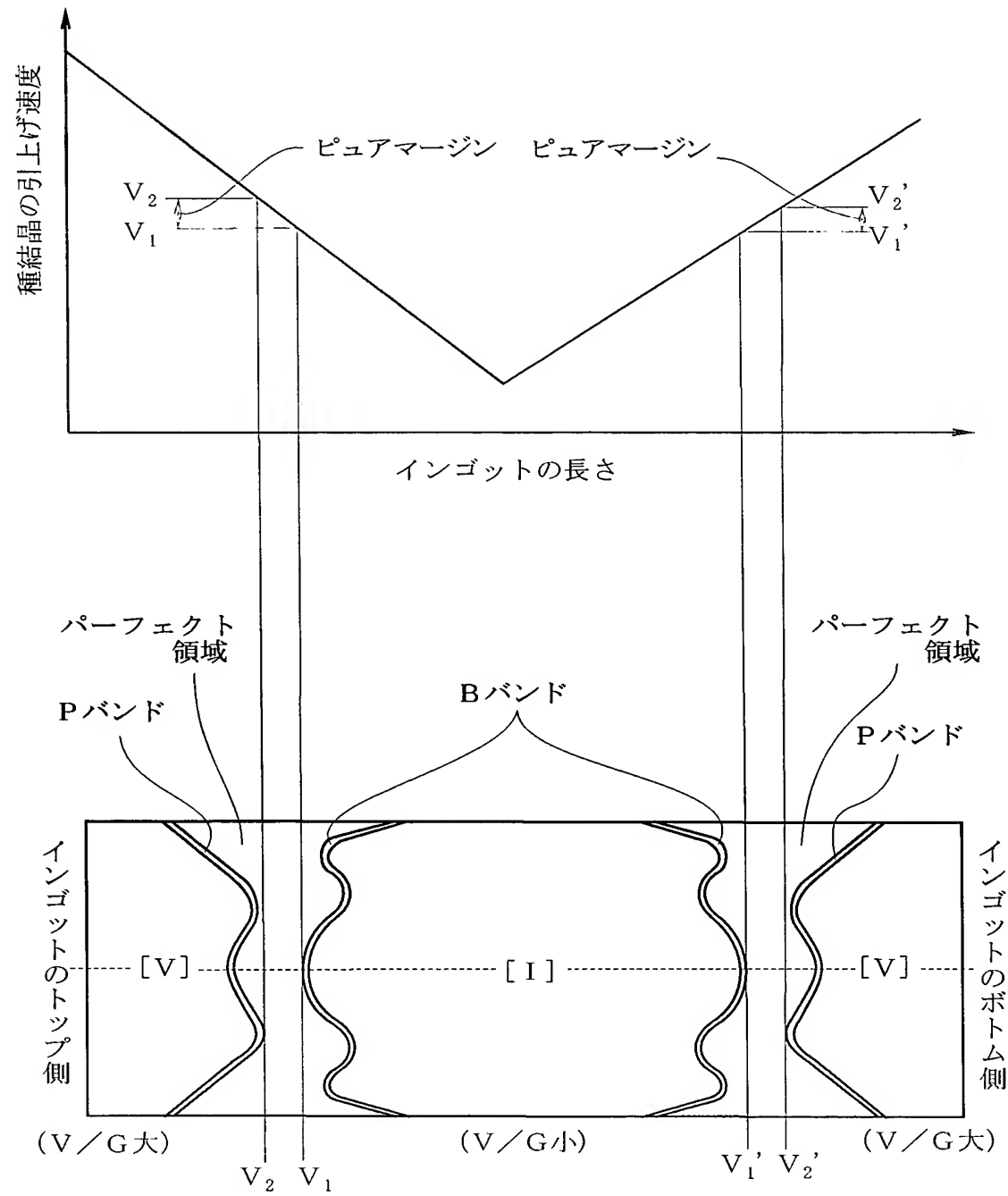
[図6]



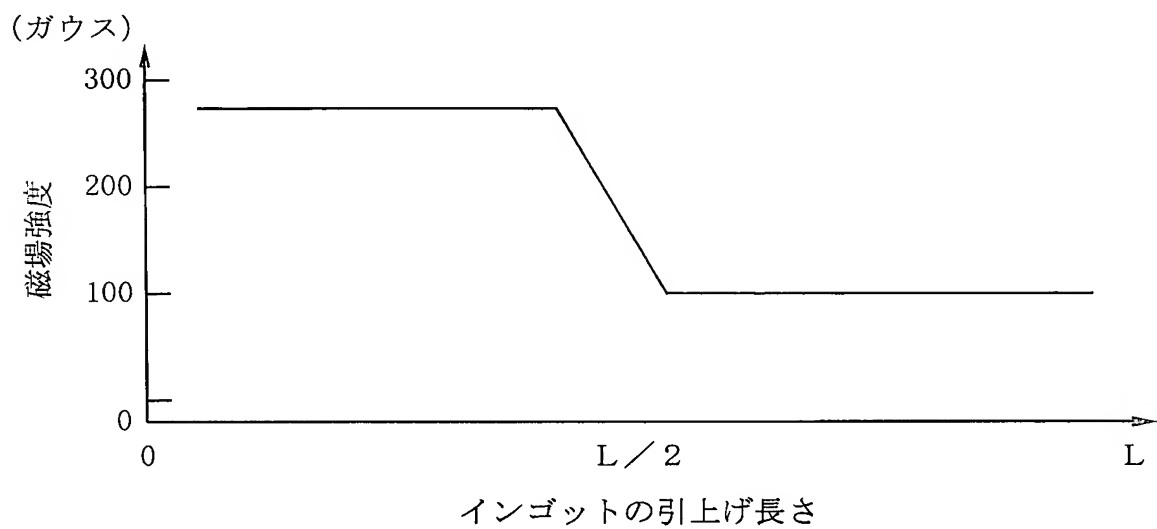
[図7]



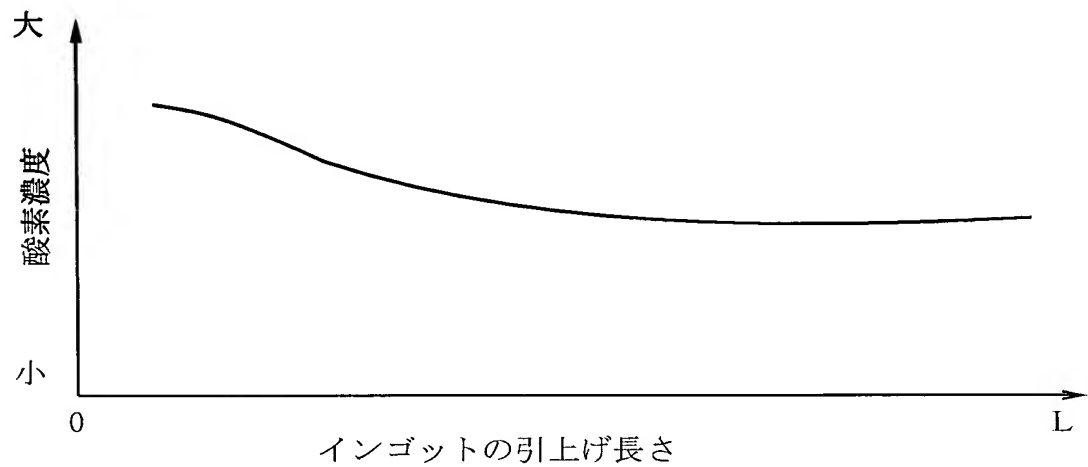
[図8]



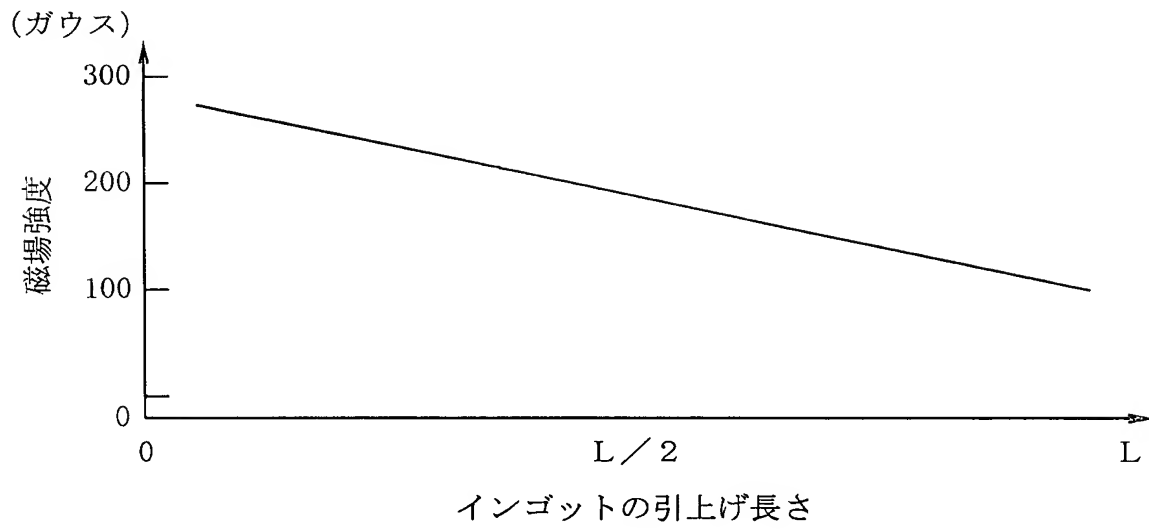
[図9]



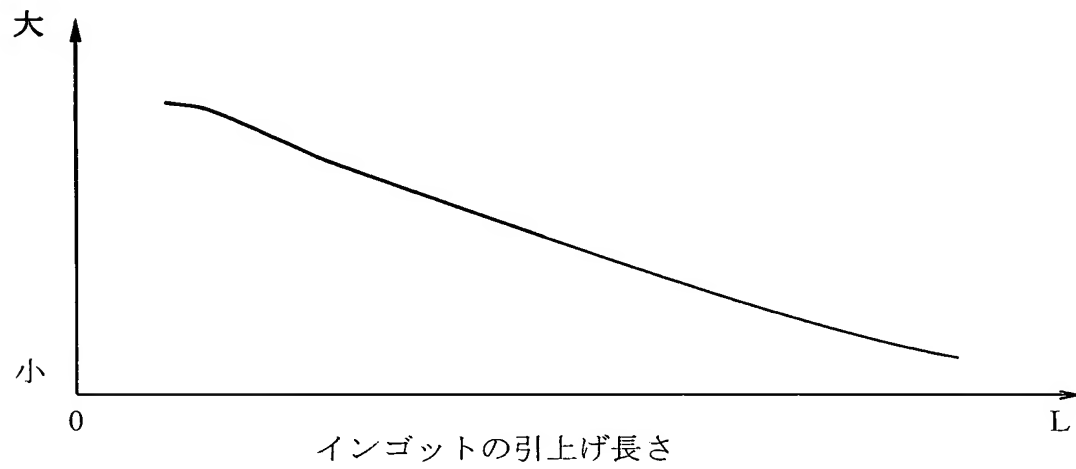
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000882

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ C30B29/06, C30B15/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ C30B29/06, C30B15/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-002783 A (Sumitomo Mitsubishi Silicon Corp.), 08 January, 2003 (08.01.03), Claims (Family: none)	1-3
Y	JP 2002-201092 A (Siltron Inc.), 16 July, 2002 (16.07.02), Claims; Par. Nos. [0028] to [0030], [0017] to [0019]; Fig. 3 & KR 2002041203 A & US 2002/0096109 A1 & DE 10157453 A1 & CN 1356408 A	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 February, 2005 (21.02.05)

Date of mailing of the international search report
08 March, 2005 (08.03.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000882

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2001/063027 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 30 August, 2001 (30.08.01), Claims & EP 1193333 A1 & US 2002/0157600 A1 & KR 2002019000 A & TW 554093 A	1,2
Y	JP 60-033291 A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 20 February, 1985 (20.02.85), Page 2, upper right column, line 9 to page 2, lower left column, line 8; Figs. 3, 4 (Family: none)	3
Y	JP 04-031386 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 03 February, 1992 (03.02.92), Examples; Figs. 6, 7 & EP 0461769 A & US 5359959 A & DE 69115131 E	3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000882

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

"The special technical feature" of the inventions in claims 1, 2 relates to gradually decreasing the flow rate of an inert gas from the top side toward the bottom side when a silicon single crystal is lifted, and "the special technical feature" of the inventions in claim 3 relates to gradually decreasing the intensity of a magnetic field from the top side toward the bottom side when a silicon single crystal is lifted. These inventions are not considered to be so linked as to form a single general inventive concept, because there is no technical relationship among those inventions involving one or more of the same or corresponding technical features.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 C30B29/06、C30B15/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 C30B29/06、C30B15/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2005年
 日本国実用新案登録公報 1996-2005年
 日本国登録実用新案公報 1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-002783 A (三菱住友シリコン株式会社) 2003.01.08 【特許請求の範囲】 (ファミリーなし)	1-3
Y	JP 2002-201092 A (シルトロン インク) 2002.07.16 【特許請求の範囲】、【0028】-【0030】、【0017】-【0019】、【図3】 & KR 2002041203 A & US 2002/0096109 A1 & DE 10157453 A1 & CN 1356408 A	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21. 02. 2005

国際調査報告の発送日

08. 3. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮澤 尚之

4G

3551

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 2001/063027 A (信越半導体株式会社) 2001.08.30 【特許請求の範囲】 & EP 1193333 A1 & US 2002/0157600 A1 & KR 2002019000 A & TW 554093 A	1, 2
Y	JP 60-033291 A (東芝セラミックス株式会社) 1985.02.20 第2頁右上欄9行 - 第2頁左下欄8行、第3図、第4図 (ファミリーなし)	3
Y	JP 04-031386 A (信越半導体株式会社) 1992.02.03 【実施例】、第6図、第7図 & EP 0461769 A & US 5359959 A & DE 69115131 E	3

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1、2に係る発明の「特別な技術的特徴」は、シリコン単結晶引上げ時の不活性ガスの流量をトップ側からボトム側にかけて減少させることに関し、請求の範囲3に係る発明の「特別な技術的特徴」は、シリコン単結晶引上げ時の磁場の強度をトップ側からボトム側にかけて小さくすることに関するものである。これらの発明は、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.